



## Poscosecha

Los nuevos sistemas de clasificación determinan el tipo de defecto e identifican casos de podredumbre

# Inspección de frutas y hortalizas mediante videocámara, estado actual de la técnica (II)

En los últimos años hemos asistido a cambios notables en el ámbito de la inspección automatizada de frutas y hortalizas. En este artículo repasamos algunos conceptos y avances en relación con la clasificación de productos hortofrutícolas mediante videocámara. Hace una década la detección de defectos externos no era posible, mientras que sí lo era la clasificación por tamaño y color. Actualmente podemos decir que la clasificación en base a defectos externos funciona bien: los equipos comerciales son capaces de detectar dichos defectos, separando los frutos de la máxima calidad comercial de aquellos de calidad inferior. El problema tradicional de la confusión del cáliz o el pedúnculo del fruto con un defecto se puede considerar superado. Sin embargo, la mayoría de los equipos actualmente instalados en las centrales hortofrutícolas no son capaces de discernir el tipo de defecto.

Moreda, G. P., Muñoz, M. A.,  
Barreiro, P. LPF-TAGRALIA.  
Departamento Ingeniería  
Rural UPM

### Tipos de buses de comunicación digital entre videocámara y ordenador

Las primeras cámaras digitales de barrido progresivo producían una salida en formato RS-422 de 8 bit (MacDonald). Actualmente, las opciones digitales posibles son CameraLink, Gigabit Ethernet, FireWire (IEEE 1394) y USB. CameraLink es más caro que FireWire y Gigabit Ethernet. Éste último es útil para gestionar múltiples cámaras y la longitud del cable no es tan limitada como en otros buses: puede llegar hasta 100 metros. El nombre asignado a esta tecnología en el sector de la visión artificial es GigE vision. En esen-

cia, el interfaz GigE convierte la señal digital en paquetes, que se transmiten a una velocidad de 1000 Mbps (Megabits/s), es decir,  $10^9$  bit/s, de ahí el prefijo 'Giga'. Esos paquetes son recibidos en la tarjeta de red de un ordenador. El software de dicha tarjeta vuelve a convertir los paquetes a señal digital o gráfica, y ya en este formato se almacenan o muestran en un monitor.

Por su parte, FireWire presenta las ventajas de un sistema robusto y maduro, y además el bus o cable de señal sirve también para alimentar eléctricamente a la videocámara (por tanto nos ahorramos el cable de potencia). El inconveniente reside en que la longitud del

cable se limita a unos 4,5 m, y a veces no es posible colocar el ordenador tan cerca del calibrador, por cuestiones de espacio; típicamente el ordenador estará en la cabina de control, que se puede situar a una distancia mayor de 4,5 m del punto de ubicación de los túneles de inspección por videocámara del calibrador.

El estándar de comunicación USB dispone de una ventaja: que hoy en día cualquier PC tiene uno o más puertos o interfaces de este tipo. Quizá este tipo de conexión es la más conocida por el consumidor, ya que habitualmente muchos de nosotros descargamos las fotografías tomadas con una cámara fotográfica digital<sup>10</sup> al PC mediante este tipo de conexión.

### Métodos para lograr que la imagen del fruto en movimiento no salga "movida" o borrosa

Hay una serie de cuestiones que, bien de manera fortuita o mediante diseño, ayudan a que la imagen del fruto en movimiento captada por una videocámara cenital no salga "movida" o borrosa. Son las siguientes:

- De tipo fortuito: La composición de la velocidad de avance o de traslación de los frutos,  $v$ , con la velocidad tangencial en la parte superior de los frutos ( $v'$ ), que además de avanzar rotan (Fig.10). El resultado de dicha composición de velocidades es que  $v'_1 = v'_2 = v$ . Por lo tanto, la parte superior de los frutos en cada momento resultaría aparentemente estática en el momento de pasar por debajo de la cámara, y por eso la imagen no sale "movida". Además, esto es así independientemente del tamaño del fruto –por eso en la figura hemos dibujado dos frutos de distinto calibre–. La demostración matemática correspondiente se incluye en el siguiente apartado. A este hecho le aplicamos el adjetivo de fortuito porque es un efecto secundario de hacer girar al fruto bajo la cámara, cuya función principal es conseguir que la cámara evalúe el máximo porcentaje posible de la superficie de los frutos.
- Empleo de cámaras de barrido progresivo o secuencial en lugar de cámaras de barrido entrelazado, ya mencionado previamente.
- El uso de videocámaras con obturador electrónico de alta velocidad que, a diferencia de un obturador mecánico se puede activar con una frecuencia muy elevada, y así es

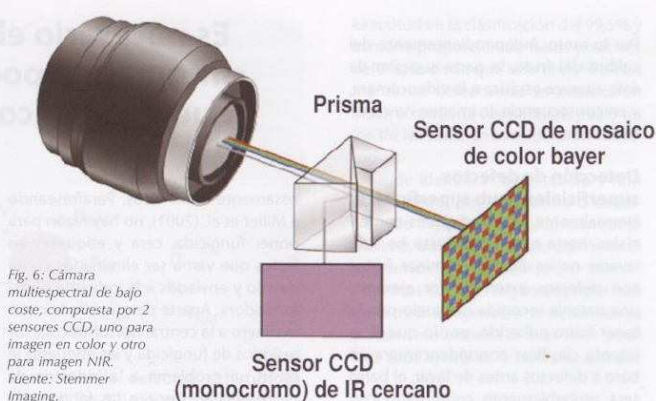


Fig. 6: Cámara multispectral de bajo coste, compuesta por 2 sensores CCD, uno para imagen en color y otro para imagen NIR. Fuente: Stemmer Imaging.

capaz de conseguir tiempos de exposición muy reducidos degenerando la sensación de imagen estática o "congelada".

El inconveniente que tiene trabajar con tiempos de exposición muy cortos es que para compensarlo necesitamos una fuente de luz potente y de alta calidad, es decir, constante, que no parpadee, si bien esto hoy en día se puede conseguir sin mucha dificultad. Al igual que sucede en fotografía clásica, si el obturador está abierto muy poco tiempo y hay poca luz, la película no se impresiona; en nuestro caso el sensor CCD no funciona correctamente, por eso se necesita una iluminación intensa/potente. Existe una alternativa a la utilización de obturadores electrónicos de alta velocidad, y es el uso de una fuente de luz estroboscópica de alta velocidad<sup>11</sup>, pero esto último en general está desaconsejado (D'Agostino, 1990), ya que complica bastante el sistema de visión artificial.

### Cinemática de la inspección de frutos con videocámara

Podemos considerar dos casos. El primero, y más sencillo, aquel en el que la velocidad de rotación de los rodillos, discos o biconos que transportan y hacen girar a los frutos depende directamente de la velocidad de avance de la cadena que los transporta, es decir, de su velocidad de traslación. El segundo, un diseño más sofisticado, en el que la velocidad de rotación de los biconos es independiente de su velocidad de avance o traslación. En el primer caso, los biconos giran porque se apoyan en una pletina fija, recubierta de goma para conseguir una buena

adherencia y rodadura. En el segundo, los biconos se apoyan en una correa dentada de goma cuya velocidad se establece de forma independiente a la velocidad de avance o de traslación de los biconos (Fig. 10). De ser así, tendremos dos variadores electrónicos de velocidad: uno para el movimiento de traslación de la cadena de biconos y el otro, para controlar la velocidad de rotación. En aras de la brevedad, vamos a analizar las implicaciones sobre la calidad de las imágenes sólo para el caso de velocidad de rotación dependiente de la de traslación, es decir, pletina fija en vez de correa de transmisión.

Demostremos que  $v'_1 = v'_2 = v$ . Como se puede apreciar en la Fig. 10, los rodillos están animados de una velocidad de traslación  $v$  y de un movimiento de rotación de velocidad angular  $n_{rod}$ . Los frutos, al estar apoyados sobre los rodillos, giran también, pero en sentido contrario al de los rodillos, como si de engranajes se tratara. Ya que consideramos el diseño más sencillo, la velocidad de rotación de los rodillos,  $n_{rod}$ , y su velocidad de traslación,  $v$ , se puede decir que están ligados por la expresión:

$$v = n_{rod} \cdot r_{rod}$$

$$v'_1 = n_{f1} \cdot r_{f1} = n_{rod} \cdot r_{rod} \cdot r_{f1} = v$$

$$v'_2 = n_{f2} \cdot r_{f2} = n_{rod} \cdot r_{rod} \cdot r_{f2} = v$$



Por lo tanto, independientemente del calibre del fruto, la parte superior de éste aparece estática a la videocámara, y en consecuencia, la imagen no resulta borrosa.

### Detección de defectos

**superficiales y sub superficiales**  
Normalmente, en condiciones comerciales, hasta que el producto ha sido lavado no es posible eliminar frutos con defectos externos. Por ejemplo, una naranja recogida del suelo puede tener barro adherido, por lo que si se intenta clasificar con videocámara en base a defectos antes de lavar, el barro será probablemente confundido con un defecto o mancha de la piel. No digamos si en vez de una naranja, intentamos clasificar una patata o una zanahoria. Por ello, la secuencia lógica de operaciones es la siguiente. En primer lugar, el volcado de las cajas de campo al comienzo de la línea. En segundo lugar, eliminación de restos vegetales. Y por último, el precalibrado, para eliminar los frutos demasiado pequeños o los anormalmente grandes.

Posteriormente, lo más lógico es proceder a la eliminación de frutos con síntomas de podredumbre, antes de que puedan contaminar a los frutos sanos, y con el objetivo adicional de no gastar fungicida<sup>12</sup>, agua de lavado y cera en unos frutos que han de ser for-

## Es necesario eliminar los frutos con síntomas de podredumbre, antes de que puedan contaminar a los sanos

zosamente eliminados. Parafraseando a Miller et al. (2001), no hay razón para poner fungicida, cera y etiquetas en frutos que van a ser eliminados como destrío y enviados a la industria transformadora. Aparte de que ello le cuesta dinero a la central hortofrutícola, los residuos de fungicida y las etiquetas le crean un problema a la industria de procesado, es decir, a las fábricas de zumos, mermeladas y otras conservas vegetales.

Una vez eliminados los frutos con podredumbre, el resto se somete a lavado, aplicación de fungicida y encerado, intercalando entre esas operaciones los secados necesarios según el tipo de fungicida empleado, etc. De cara a la subsiguiente inspección por videocámara no hay que temer que el encerado enmascare defectos externos como manchas o heridas, ya que la cera empleada habitualmente es transparente. Además, dicha transparencia asegura que el color natural de la piel del fruto no se vea alterado. En los últimos años se utiliza mucho la cera carnauba<sup>13</sup>, que además de una alta transparencia y brillo tiene la ventaja

de ser un producto natural. Después del encerado, llega el momento de clasificar los frutos con las videocámaras (Fig. 12). En productos como la naranja en los que casi siempre se aplican ceras, se produce un pequeño efecto secundario negativo del encerado. Y es que el brillo de la cera perjudica en cierta medida la adquisición de las imágenes, pero esto se soluciona colocando un filtro polarizador en la videocámara.

Podemos definir los defectos externos como aquellos que se pueden detectar desde el exterior. También podemos decir que los defectos externos no son únicamente los que afectan a la piel, sino que incluyen los defectos sub superficiales detectables por fuera, como las magulladuras. Hay defectos externos leves y graves. Ejemplo de los primeros son la suberización o russeting de las manzanas (de las Golden sobre todo) o las manchas por fitotoxidad en cítricos. Esto último es consecuencia de una reacción ante un tratamiento fitosanitario, mientras que la suberización consiste en la aparición de una piel diferente a la original como consecuencia de un daño sufrido por la última. La "pseudo-piel" que aparece es de peor calidad que la original, pero al menos cumple el cometido de proteger el interior del fruto, aunque no con las mismas garantías que la piel original que tiene mayor resistencia mecánica. La presencia de moho es siempre grave, ya que antes o después echa a perder la fruta. Lo mismo sirve para las magulladuras.

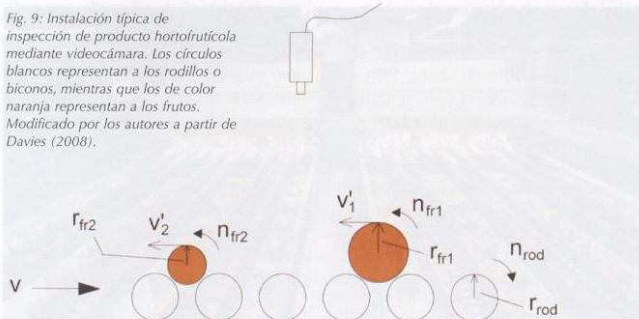
Siempre que un fruto se golpea con una energía que supera un cierto umbral aparece una magulladura en el tejido sub superficial de la zona golpeada. El tejido magullado se convierte pronto en una zona débil de acceso fácil a patógenos. Se emplea el término de magulladura conspicua cuando la zona magullada adquiere un color marrón mientras que la piel sana es de color amarillo, como ocurre en la manzana Golden. Sin embargo, en un tomate o una ciruela la magulladura es prácticamente invisible, ya que no tiene un color que destaque. En el tomate ello es consecuencia, en parte,



Fig. 8: Eliminación de frutos "dobles" mediante varillas de nylon, previa a la inspección por videocámara. El sentido de avance de las mandarinas es de derecha a izquierda. Los túneles iluminados que se vislumbran en el extremo izquierdo de la fotografía corresponden a la inspección por videocámara.



Fig. 9: Instalación típica de inspección de producto hortofrutícola mediante videocámara. Los círculos blancos representan a los rodillos o biconos, mientras que los de color naranja representan a los frutos. Modificado por los autores a partir de Davies (2008).



de que el color de la pulpa y la piel es muy parecido. Aquí es donde surge el interés en poder disponer de una imagen en una región del espectro electromagnético diferente a la luz visible<sup>14</sup>. Hace ya unas décadas, una serie de investigadores comprobaron que en la región del infrarrojo cercano (NIR, near infrared) se podían detectar aspectos que en una imagen del espectro visible no son apreciables. La razón de esto es que en su interacción con la materia la radiación NIR experimenta una dispersión o 'scattering' diferente a la de la luz visible. Y sucede que un tejido magullado, con células rotas o dañadas, absorbe más la radiación NIR que las células sanas. Al final, en una imagen NIR, las zonas sanas y las dañadas aparecen con distinta intensidad: unas en gris más claro y otras en gris más oscuro, ya que la imagen NIR es monocroma (imagen en escala de grises).

Actualmente, podemos decir que la

detección de defectos externos es posible (Fig. 12), no así la identificación del tipo de defecto. Una identificación que sería interesante obtener, de cara a corregir el manejo del cultivo en campo o del producto en poscosecha. Blasco et al. 2009a desarrollaron un sistema para lograr discernir el tipo de defecto, utilizando además del color típico del defecto, su forma geométrica o dibujo sobre la piel del fruto. Por ejemplo, los síntomas de fitotoxicidad y 'thrips' en la naranja son de color muy parecido, sin embargo, difieren en la forma, patrón o "dibujo" de las correspondientes manchas o zonas afectadas. Kim et al. (2007) consiguieron identificar defectos externos como cicatrices, magulladuras y moho en manzanas a una velocidad de trabajo de 3 frutos/s. Sin llegar a discernir el tipo de defecto, consiguieron clasificar las manzanas en dos grupos: las sanas y las que tenían alguno de los defectos mencionados. Lo hicieron con una

exactitud en la clasificación del 99,5% y con una proporción de falsos positivos del 2%. Es decir, que sólo el 0,5% de las manzanas defectuosas se clasificaron incorrectamente como sanas, y sólo un 2% de las sanas se consideraron defectuosas.

A fin de identificar defectos de 1 mm de diámetro, por el teorema o condición de Nyquist, necesitamos, como mínimo, una resolución de 2 px/mm. Si utilizamos una resolución menor podemos cometer algún error por submuestreo. En general, se recomienda utilizar resoluciones lo más altas posibles (por ejemplo, 4 px/mm), aunque

**Podemos definir los defectos externos como aquellos que se pueden detectar desde el exterior. Éstos no solo afectan a la piel, sino que incluyen los defectos sub superficiales detectables por fuera**

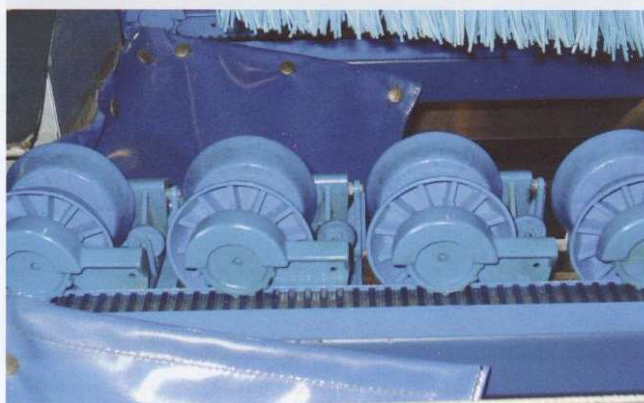


Fig. 10: Calibrador a biconos con control de velocidad de rotación independiente de la velocidad de traslación, mediante piñón lateral adosado al bicono y correa dentada de goma.

esto incrementa la memoria requerida por la imagen. Al final, todo depende de la capacidad de procesamiento y otras características de nuestro ordenador, así como de la necesidad que tengamos de que el sistema opere en tiempo real, aspecto desde luego necesario si se trata de un sistema montado en una línea de clasificación. Aunque aún existen centrales hortofrutícolas en las que la separación de frutos con moho se realiza a mano, existe la tecnología para hacerlo de forma automática, empleando para ello videocámaras asistidas por luz denominada coloquialmente "negras" (u.v.). En concreto lo más reciente de que tenemos constancia es la utilización de LEDs u.v.,



## Poscosecha

como se expone en el trabajo de Kurita et al. (2009). Estos autores afirman que su sistema se puede integrar fácilmente en instalaciones ya existentes, pues tan solo requiere añadir las fuentes de luz (los LEDs) u.v., intercalándolos dentro del túnel de inspección de forma adecuada con la fuente de luz o lámparas que ya tuviéramos antes.

### Aspectos a considerar en la elección de una videocámara industrial

A la hora de elegir una videocámara para inspección de productos hortofrutícolas, conviene tener en cuenta entre otros los siguientes aspectos:

- Conviene que los píxeles del sensor de imagen (CCD o CMOS) de la videocámara sean cuadrados. De esta forma, podremos medir distancias en la imagen en cualquier dirección, sin necesidad de operaciones adicionales<sup>15</sup>.
- Se recomienda que la videocámara sea digital.
- El sensor CCD o CMOS de la videocámara que elijamos debe tener una resolución, un rango dinámico y una relación de señal a ruido (S/N) altos. El rango dinámico se refiere al abanico de valores de intensidad luminosa que la videocámara es capaz de detectar.
- Dentro de las videocámaras digitales, según la distancia a la que podamos situar el ordenador, habrá que elegir un bus de comunicación u otro. Como norma general de cara a instalaciones futuras recomendamos Gigabit Ethernet.
- Respecto a las videocámaras multispectrales, y en función de la disponibilidad presupuestaria, se puede elegir entre cámara de 2 CCDs o de 4 CCDs.
- Aunque los píxeles del sensor de imagen sean cuadrados, el formato del sensor, por tradición, es rectangular. Se supone pues, que al usuario le interesará, alguna vez, proyectar la imagen en un monitor, y estos son normalmente rectangulares, ya sea en formato tradicional (4:3) o panorámico (16:9). No obstante, actualmente los fabricantes de chips de imagen (CCD, CMOS) los fabrican también en formato cuadrado. Tradicionalmente, los sensores CCD se nombran en función de la medida de la diagonal del rectángulo en pulgadas (in). Bien, pues hay que tener en cuenta que el tamaño del sensor ha de estar en consonancia con el diámetro de la lente



Fig. 11: Calibrador por videocámara de 12 calles. Retrospectiva desde el final del calibrador (zona de las salidas). Al fondo: túneles de inspección por videocámara. Fuente: Colour Vision Systems.

del objetivo, y viceversa. Por ejemplo, si utilizamos una lente de 1/2 in con un CCD de 1 in, habrá píxeles del CCD infrautilizados, mientras que en el caso contrario (lente de 1 in y chip de 1/2 in) una parte del campo de visión de la videocámara no quedaría registrado en la imagen.

- En general, estaremos interesados en trabajar con alta resolución, por ejemplo, para poder detectar defectos de tamaño pequeño. Si acercamos la videocámara al producto, bajando la cámara, logramos que cada píxel represente menos mm en comparación con el hecho de si la videocáma-

ra está más alta (en el límite, una cámara aerotransportada fotografiando el terreno puede tener por ejemplo una resolución de 10 m/px). Sin embargo, bajar la videocámara tiene el inconveniente de que el campo de visión se hace más pequeño. Es posible por ello, que no haya espacio suficiente para todas las imágenes del fruto en rotación que deseamos (típicamente interesa que la longitud del campo de visión sea aproximadamente igual a la longitud del túnel de inspección, para poder tomar varias imágenes del fruto a medida que avanza y gira dentro del túnel).

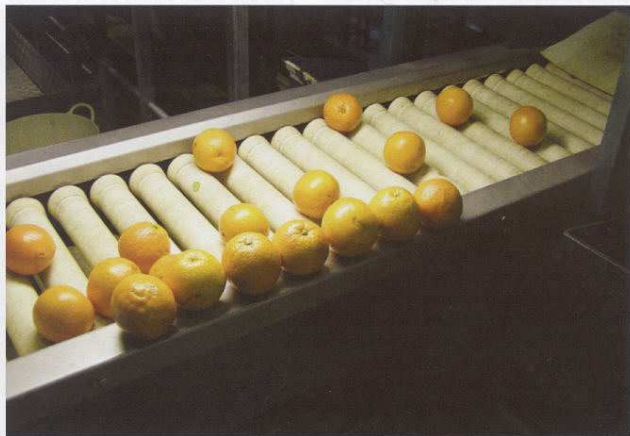


Fig. 12: Naranjas de destío. Los frutos clasificados por esta salida tienen algún tipo de defecto externo o coloración no homogénea. De la muestra extraída del transportador de rodillos, el tercer fruto por la derecha presenta una cicatriz conspicua, mientras que los dos primeros por la izquierda tienen unas pequeñas manchas. Fotografía cortesía de Fontestad, S.A.



Para una altura fija de la videocámara sobre el plano del transportador o calibrador a biconos, otra cosa con la que se puede "jugar" para conseguir una alta resolución de imagen es el tamaño de los píxeles del CCD. Y es que aunque sean píxeles cuadrados, los hay de diferentes tamaños. El tamaño de los píxeles se mide en micras o micrómetros, es decir, milésimas de mm. Hay que tener en cuenta que si con objeto de aumentar la resolución optamos por píxeles muy pequeños, la sensibilidad del chip

—es decir, la variación de la señal eléctrica de salida del chip correspondiente a una determinada variación de luminosidad— disminuye, se reduce la relación S/N y en general todo empeora en cuanto a la calidad de la imagen obtenida. Por ello, actualmente se recomienda que los píxeles del CCD no sean menores de 5 micrómetros (Hardin, 2011).

- El sensor de imagen CMOS es más rápido y barato y además consume menos electricidad que el CCD, pero

la calidad de la imagen obtenida en general es inferior al CCD.

Hasta aquí esta revisión de algunos detalles de interés que generalmente pasan desapercibidos en la descripción de sistemas de clasificación que emplean videocámaras. La finalidad es animar al lector a indagar y preguntar acerca de las similitudes y diferencias entre sistemas comerciales, sus causas y consecuencias porque como dice el dicho popular "el diablo está en los detalles". ■

#### Referencias bibliográficas

- Aleixos et al. (2002).
- Blasco, J., Aleixos, N., Gómez-Sanchis, J., Moltó, E. (2009). Recognition and classification of external skin damage in citrus fruits using multispectral data and morphological features. *Biosyst. Eng.*, 103(2), 137-145.
- Blasco, J., Moltó, E., Sun, D.-W., & Zheng, C. (2009). Capítulo 2: Vision systems. En M. Zude, Ed. *Optical monitoring of fresh and processed agricultural crops*. CRC Press.
- Brennan, J.G., Butters, J.R., Cowell, N.D., & Lilley, A.E.V. (1998). *Las operaciones de la ingeniería de los alimentos*. Ed. Acribia, S.A. 3ª ed. española (trad. J. Burgos). Zaragoza.
- Carrión, J., Torregrosa, A., Ortí, E., & Moltó, E. (1998). First results of an automatic citrus sorting machine based on an unsupervised vision system. *International Conference on Agricultural Engineering, AgEng*. Paper no.: 98-F-019.
- D'Agostino, S. (1990). Machine vision based length distribution analysis for the food industry. *Food Processing Automation*. ASAE.
- Davies, E.R. (2008). Inspection in the food industry- Matching the machine to the line may not be so trivial. *Food Processing Faraday*.
- Delwiche, M.J., Tang, S., Thompson, J.F. (1993). A high-speed sorting system for dried prunes. *Trans. ASAE*, 36(1), 195-200.
- Forbes, K. (2000). Volume estimation of fruit from digital profile images. Tesis para la obtención del título de Master of Science in Engineering. Universidad de Ciudad del Cabo, Sudáfrica. Disponible en: <http://www.dip.ee.uct.ac.za/~kforbes/Publications/msckaf.pdf>. Consultado el 19/7/2011.
- Gall, H. (1997). A ring sensor system using a modified polar coordinate system to describe the shape of irregular objects. *Meas. Sci. Technol.*, 8: 1228-1235.
- Hardin, W. (2011). Choosing an area array camera for machine vision. *Machine Vision Online*. Disponible en [www.machinevisiononline.org](http://www.machinevisiononline.org). Consultado el 18/7/2011.
- Kim et al. (2007).
- Kurita, M., Kondo, N., Shimizu, H., Ling, P., Falzea, P.D., Shiigi, T., Ninomiya, K., Nishizu, T., Yamamoto, K. (2009). A double image acquisition system with visible and uv LEDs for citrus fruit. *J. Robotics & Mechatronics*, 21(4), 533-540.
- MacDonald, K. I. Introduction to video 101, 2nd ed. JAI.
- Miller, W.M. (1992). Packing density. *Packinghouse newsletter*, 167. Univ. Fla., USA.
- Miller, W.M., Wardowski, W.F., & Grierson, W. (2001). Packingline machinery for Florida Citrus packinghouses. *Extension Bulletin* 239. IFAS, Univ. Fla., USA.
- Milzow, K. (2009). The EU's marketing standards for fruit and vegetables: The end of a myth? *Papiers d'actualité*. Fondation Pierre du Bois, 9.
- Moreda, G.P., García-Ramos, F.J., Valero, C., Ruiz-Altsient, M. (2004). Calibradores en líneas de manipulación de producto fresco. *Horticultura*, 180, 30-36.
- Taylor, S.A. (1998). CCD and CMOS imaging array technologies: technology review. Technical report EPC-1998-106. Xerox Ltd.
- Yang, Q. (1992). The potential for applying machine vision to defect detection in fruit and vegetable grading. *The Agricultural Engineer*, 47(3), 74-79.

#### Notas al pie

<sup>10</sup> Cuyo sensor dicho sea de paso es un CCD, como en las videocámaras.

<sup>11</sup> Este tipo de luz es la que ocasionalmente se utiliza en discotecas y salas de fiestas, y que se caracteriza porque mientras está encendida este tipo de iluminación, el movimiento de las personas parece como si estuviera "congelado".

<sup>12</sup> La acción del fungicida es sobre todo preventiva: si un fruto ya está colonizado por un hongo, es muy difícil eliminarlo con el fungicida.

<sup>13</sup> Esta cera también se suele utilizar como recubrimiento final temporal de la carrocería de automóviles, sobre todo de los de alta gama, por su alta transparencia y brillo.

<sup>14</sup> De igual modo que en alguna industria manufacturera se utiliza luz u.v. para detectar la existencia de arañazos en la superficie de un material, producto o pieza, basándose en la mayor dispersión que sufre la radiación u.v. en comparación con la luz visible.

<sup>15</sup> Hace años, cuando no existían CCDs de píxeles cuadrados o su coste era prohibitivo, se utilizaban CCDs de píxeles rectangulares. El problema de medir distancias en direcciones oblicuas se solucionaba vía software. Pero hoy día lo más lógico es recurrir a sensores de píxeles cuadrados, para aliviar al software de esa tarea.

#### Agradecimientos

Federico Izquierdo (Fontestad, S.A.) y Nicolás Ugolini (Maxfrut, S.L.).